



**Análise Sedimentológica de Recifes do Gênero *Phragmatopoma*
Mörch, 1863 (Annelida: Polychaeta) da Região Metropolitana de Fortaleza (CE)**
Sedimentological Analysis of *Phragmatopoma* reefs
Mörch, 1863 (Annelida: Polychaeta) from the Metropolitan region of Fortaleza

Rayane Bastos de Freitas¹; Amanda Alves Peixoto Silva²;
Daniel Rodrigues do Nascimento Jr.²; Marília de Souza Menezes² & Wilson Franklin Jr.³

*1 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências,
Av. Bento Gonçalves 9500, Campus do Vale, 91509-900 – Porto Alegre (RS).*

*2 Universidade Federal do Ceará, Departamento de Geologia,
Avenida Humberto Monte, S/N, Campus do Pici, 60440-554, Fortaleza (CE).*

*3 Universidade Federal do Ceará, Laboratório de Zoobentos, Instituto de Ciências do Mar - Labomar,
Av. Abolição, 3207, Meireles, 60165-081, Fortaleza (CE).*

raybastosf@gmail.com; aa.peixoto@hotmail.com; daniel.rodrigues@ufc.br; mariliamenezes@alu.ufc.br; wilson@ufc.br

Recebido em: 01/07/2019 Aprovado em: 30/08/2019

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2019_4_322_337

Resumo

Anelídeos do gênero *Phragmatopoma* são animais marinhos de hábito bentônico sésil encontrados por quase toda a costa brasileira, onde constroem recifes via agregação de areias litorâneas. Seu habitat e a preservação de seus recifes auxiliam em estudos holocênicos de variação do nível relativo do mar, além de outros aspectos biológicos, oceanográficos e até econômicos, despertando assim grande interesse em suas construções biossedimentares. Este trabalho analisou a sedimentologia de sete recifes do gênero *Phragmatopoma* de diferentes locais na zona costeira da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), comparando suas propriedades entre si, com as areias das praias locais e com uma região livre de influência da urbanização (São Miguel do Gostoso, RN). As análises incluíram o zoneamento biológico de um costão rochoso natural, além da contagem dos principais componentes detriticos das areias por lupa, quantificação de teores brutos de carbonato de cálcio e de matéria orgânica, granulometria e petrografia de minerais pesados. Os resultados sugerem que não há preferência por tipos específicos de substrato duro de fixação. Na RMF, o zoneamento biológico foi semelhante ao da Região Sudeste para metade dos organismos da zona infralitoral, sendo a diferença concentrada na diversidade de algas da RMF. Em termos de matéria orgânica, granulometria e minerais pesados, as areias de recifes e das praias em que se encontravam foram muito semelhantes. Valores mais elevados no teor de carbonato de cálcio e na quantidade e diversidade de bioclastos nas areias dos recifes em relação às praias em que se encontravam apontam para uma clara predileção do poliqueta por componentes biodetríticos calcários das areias, seja por uma questão de forma e/ou disponibilidade hidrodinâmica. O resultado geral pode ser considerado semelhante ao de estudos preliminares realizados na costa atlântica da América do Norte e na Região Sudeste do Brasil para poliquetas do mesmo gênero.

Palavras-chave: *Phragmatopoma*; recife; areia; sedimentologia

Abstract

Annelids of the genus *Phragmatopoma* are marine animals with benthic sessile habit found in nearly all Brazilian coast, where they build reefs via aggregating coastal sands. Their habitat and preservation of reefs aid Holocene studies on relative sea-level variation, besides other biological, oceanographic and even economic aspects, arousing great interest in their biosedimentary buildings. This work analysed sedimentology of seven reefs of the genus *Phragmatopoma* from different places in the coastal zone of the Metropolitan Region of Fortaleza (MRF), by comparing their properties between themselves, with sands of the local beaches and with an region free from urban influence (São Miguel do Gostoso, State of Rio Grande do Norte). The analyses included a biological zoning of a natural rocky prominence, in addition to counting of the main detrital components of the sands by microscopy, quantification of the gross content of calcium carbonate and organic matter, grain size analyses and heavy minerals petrography. The results suggest there is not preference for specific types of encrusting hardened substratum. In the MRF, the biological zoning was similar to the Brazilian Southeast coast for half of the organisms in the infralitoral zone, being the difference centred in the major diversity of algae in the MRF. Regarding organic matter, grain size and heavy minerals, the reef sands and beach sands of the same places were very similar. Higher values in the calcium carbonate content and in the quantity and diversity of bioclasts in the reef sands compared to the beach sands from the same places point to a clear predilection of the polychaetes for calcareous biodetritic components of the sands, either by a matter of shape or hydrodynamic availability. Overall, the result may be regarded as resembling to preliminary studies performed in the Atlantic coasts of North America and South-east Brazil for polychaetes of the same genus.

Keywords: *Phragmatopoma*; reef; sand; sedimentology



1 Introdução

Os anelídeos do gênero *Phragmatopoma* Mörch (1863) são poliquetas encontrados em águas marinhas tropicais ao largo da zona de costa oriental das Américas, ocorrendo desde o Cabo Canaveral, nos Estados Unidos até o Estado de Santa Catarina, no Brasil (Hartmann, 1944, Fanta, 1968). Estes animais possuem hábito bentônico sésil por fixar-se em recifes de mar aberto próximo ao nível médio da maré mínima, em zonas sob influência da arrebentação de ondas (Figura 1). Os recifes são construídos pelos próprios anelídeos através da captura de areia suspensa em águas agitadas e do uso de uma substância muco-protéica cimentante (Kirtley, 1966; Kirtley & Tanner, 1968). Assim, são formadas galerias ou tubos justapostos e predominantemente verticalizados, fixados preferencialmente em regiões do substrato duro ou consolidado, como rochas cristalinas, *beach rocks* e construções antrópicas (Zale & Merrifield, 1989).

Pertencentes à Família dos Sabelarídeos (Sabellariidae), os anelídeos do gênero *Phragmatopoma*

tem despertado interesse em estudos no Brasil especialmente por ocupar um nicho ou zona de vida equivalente à do gastrópode *Petalonchus varians* d'Orbigny 1839 (Laborel, 1979; Angulo *et al.*, 1999; Angulo *et al.*, 2006; Ribeiro, 2011). *P. varians* pertence à família dos vermetídeos (Vermetidae), cujos recifes são feitos pela aglutinação de suas próprias conchas de carbonato de cálcio secretadas metabolicamente a partir das águas marinhas (Laborel, 1977) em elevação restrita ao do alcance máximo da baixa-mar média. Por esse motivo, e por deixar restos de substância datável por ^{14}C , os recifes fósseis (subfósseis?) deste gastrópode têm sido amplamente utilizados como indicadores de antigas posições do nível relativo do mar (NRM) durante o Holoceno (Laborel, 1977; Suguio *et al.*, 1985; Angulo *et al.*, 2006). No entanto, apesar de terem se disseminado de forma importante na costa brasileira durante o último milênio (Laborel, 1977), os equivalentes vivos de *P. varians* são hoje em dia limitados a águas mais quentes, principalmente no litoral nordestino. Por isso, os estudos de variação milenar do NRM nas regiões Sul e Sudeste tem se baseado no nivelamento

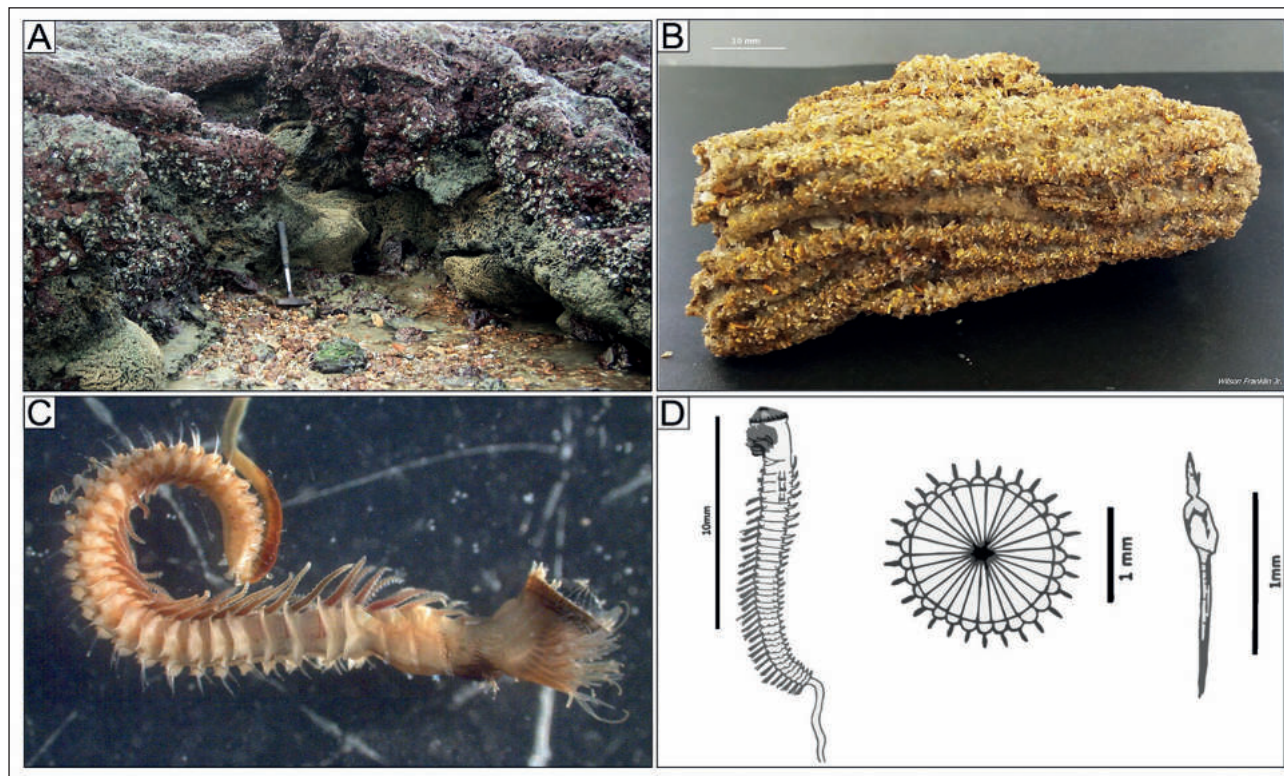


Figura 1 Exemplos de recife e poliqueta *Phragmatopoma* Mörch 1863 de Fortaleza (CE). A. Incrustações em laterita (Beira Mar). B. Aspecto dos tubos semi-verticais. C. Detalhes do corpo do poliqueta. D. Ilustração do corpo do poliqueta em seção lateral e axial.

de recifes fósseis datados de *P. varians* em relação a recifes vivos de *Phragmatopoma* sp., devido estes últimos serem mais tolerantes a águas mais frias e ocuparem uma zona de vida equivalente (Laborel, 1977, 1979; Angulo *et al.*, 1999; Ribeiro, 2011).

As possíveis causas para a mudança na distribuição dos vermetídeos no litoral brasileiro têm sido debatidas em alguns estudos; entre as mais aventadas, a influência antrópica e/ou competição entre organismos estão entre as relacionadas, direta ou indiretamente, aos anelídeos do gênero *Phragmatopoma* (Ribeiro, 2011). No caso do Ceará, a ocorrência desses poliquetas tem sido descrita apenas recentemente (IBAMA 2006), e um mapeamento pioneiro de seus recifes foi feito por Silva (2009), incluindo a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF).

Internacionalmente, também tem havido interesse econômico nos últimos anos, voltado para estes e outros organismos construtores de recifes de tubos arenosos (*reef-building tube worms*) com intuito de desenvolver e aprimorar biopolímeros (i.e. supercolas) (Zhao *et al.*, 2005, Folha de São Paulo 2010). No caso dos poliquetas *Phragmatopoma*, o material cimentante produzido é uma secreção protéica coacervada resistente às condições salinas e alcalinas da água marinha, e com a vantagem de ser biodegradável (Stewart *et al.*, 2004; Zhao *et al.*, 2005).

Pelos motivos expostos, é importante caracterizar biologicamente e sedimentologicamente os recifes do gênero *Phragmatopoma*, gerando uma base para interpretações ecológicas, climáticas, oceanográficas e até mesmo históricas e econômicas. Sua relação com gastrópodes da família Vermetidae, em particular, torna esse tipo de estudo muito importante na investigação de variações do NRM.

A maioria dos estudos com enfoque sedimentológico nos recifes do gênero *Phragmatopoma* remetem às décadas de 1960 e 1970 (por exemplo: Fager, 1964; Multer & Milliman, 1967; Gram, 1968; Rees, 1976). No Brasil, os trabalhos geralmente focam na caracterização taxonômica e ecológica (por exemplo, Amaral, 1987); o único trabalho encontrado com enfoque sedimentológico é o de Ribeiro (2011), o que ressalta a importância desse tipo de abordagem.

2 Clima, Oceanografia, Geologia e Urbanização no Litoral da RMF

Na RMF, segundo dados do Plano Estadual de Recursos Hídricos (Ceará, 2009), o índice pluviométrico médio anual situa-se entre 1200 a 1400 mm e é caracterizado por dois períodos distintos: um de maior intensidade chuvosa, de janeiro a julho, e outro escasso, de agosto a dezembro. A temperatura média anual mínima varia de 26 a 27°C, e a máxima entre 31 e 32°C.

A Corrente Norte Brasileira, originada na bifurcação da Corrente Sul Equatorial defronte ao Estado do Rio Grande do Norte (IBGE, 2011), apresenta velocidades de 1 a 2 nós na costa cearense e é co-responsável pelas correntes de deriva litorânea com sentido regional predominante para W (MMA, 2006), inclusive na zona costeira da RMF. No Porto do Mucuripe (Fortaleza), Maia (1998) identificou duas trajetórias distintas: paralela à costa, com velocidades entre 0,24 e 0,31 m/s, e perpendicular à costa, com velocidades entre 0,23 e 0,58 m/s. As ondas apresentam uma forte componente de E com direções variando entre os quadrantes E-SE (principal) e NE (subordinado) em estreita relação com as direções predominantes dos ventos sazonais (Morais, 1981; MMA, 2006). Sua altura significativa média é de 0,98 m com período geralmente inferior a 10s (Jesus, 2014). As marés são tipicamente em regime de mesomaré com amplitudes médias da sizígia entre 201 e 300 cm (IBGE, 2011) e máximas da quadratura à sizígia entre 75 e 320 cm (Maia, 1998) entre os meses de junho e dezembro.

Geologicamente, Fortaleza encontra-se ao norte da Província Borborema sobre um sistema complexo de dobramentos brasileiros lineares (Santos & Brito Neves, 1984), com destaque para a Faixa de Dobramentos Jaguaribenha (FDJ) (Almeida *et al.*, 1977). No entanto, sua aparição na zona costeira ocorre em pontos muito isolados e baixos, com destaque para as rochas da Ponta do Mucuripe, formadas de quartzitos pré-cambrianos recobertos por lateritas, ambos resistentes à erosão costeira e que se projetam em direção ao mar, onde definem uma inflexão na linha de costa de SE-NW para E-W que segmenta o litoral fortalezense (Fechine, 2007). Por esse motivo, de acordo com Moreira & Gatto (1981), a geo-

morfologia local é predominantemente formada por dois domínios sedimentares: a Planície Litorânea e o Glacis Pré-litorâneo, cujos limites sofrem influência das formas de relevo, altimetria, estruturação geológica e das características do solo e vegetação. A Planície Litorânea é dominada por sedimentos quaternários inconsolidados de areias eólicas e praias, e subordinadamente por areias e lamas estuarinas das drenagens costeiras. Na zona costeira, esses sedimentos recobrem uma parte do Glacis Pré-litorâneo e a maior parte das rochas pré-cambrianas da FDJ. O Glacis Pré-litorâneo corresponde aos tabuleiros da Formação Barreiras (Mioceno), que é composta por rochas areno-argilosas pouco consolidadas e eventualmente arenitos grossos de friabilidade ressaltada ou cascalhos (Morais, 1980; Lima *et al.*, 2000). Na região da Beira Mar de Fortaleza afloram horizontes laterizados desta unidade, formados por cascalho fortemente cimentado em óxi-hidróxidos de ferro (ferricretes). Entre os depósitos quaternários, apenas *beach rocks* constituem substrato consolidado para fixação de organismos marinhos bentônicos sésseis,

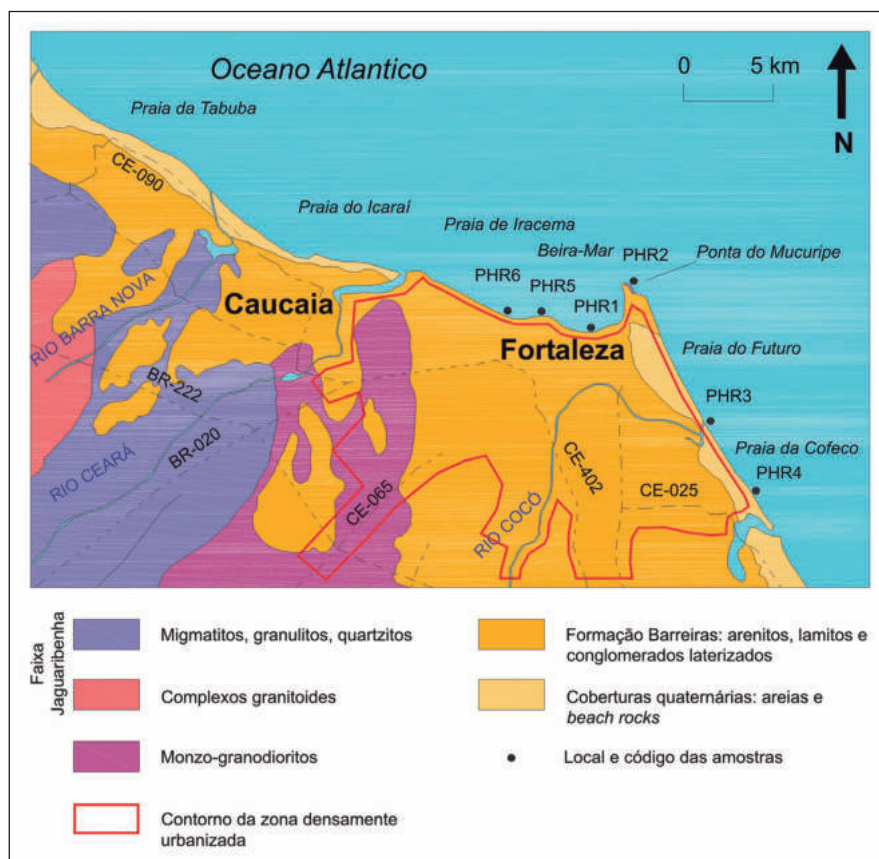
com ocorrência destacada principalmente nas proximidades de drenagens costeiras (Figura 2).

A RMF é a região mais densamente habitada e, consequentemente, a mais urbanizada no Estado do Ceará. Em Fortaleza, a densidade demográfica é de aproximadamente 32,69 pessoas/km², a maior do Brasil, com uma área urbanizada de quase 315.000 km² (IBGE, 2015). Reflexo dessas características, o litoral da RMF encontra-se totalmente ocupado por estradas pavimentadas, calçadões e habitações, e que aumentam rumo à região da Beira Mar de Fortaleza, incluindo-se aí sua verticalização e a presença de obras marítimas como muros, enrocaduras, espigões (molhes), pontes, marinas e portos, que recortam mais densamente a zona litorânea desde a década de 1970 (Lima *et al.*, 2000).

3 Materiais e Métodos

Em seis pontos ao longo da zona costeira de Fortaleza foram coletados cerca de 500 g parcial-

Figura 2
Geologia, urbanização geral e locais de coleta de amostras na zona costeira de Fortaleza. Dados de geologia adaptados e simplificados de Santos & Brito Neves (1984) e Fechine (2007)



mente desagregados de recifes de *Phragmatopoma* e mesma quantidade de areia das praias em que estes se encontravam, nas proximidades. Os locais foram selecionados de modo a diversificar o tipo de substrato de incrustação do recife, e georreferenciados por meio de GPS de mão. As coletas foram feitas com altura mínima da maré local em 0,4 m, durante uma sizígia de lua cheia. Para fins de comparação, também foram coletados recife de *Phragmatopoma* e areia praias em uma região considerada livre de interferência antrópica significativa, na Praia de Tourinhos, município de São Miguel do Gostoso (RN) (Tabela 1).

Em uma região selecionada da zona costeira da RMF (Praia de Iparana, substrato laterítico) foi realizada uma segunda etapa de campo dedicada ao nivelamento de recifes de *Phragmatopoma* a partir de um referencial vertical fixo, a fim de identificar sua espécie, seu nicho de vida e suas relações com outros organismos sésseis e semi-sésseis do entorno, para uma melhor compreensão de seus hábitos ecológicos (zoneamento biológico: Laborel 1979). O equipamento usado para nivelamento foi um nível topográfico Geodetic NDS 32X (precisão milimétrica) com régua (mira) de alumínio de 4 m.

As areias de praias e recifes coletadas na primeira etapa foram encaminhadas para as seguintes análises laboratoriais: cálculo de teores de matéria orgânica e de carbonato de cálcio, contagem de componentes detríticos à lupa binocular, granulometria da fração areia e contagem de minerais pesados ao microscópio petrográfico. Para calcular os teores de matéria orgânica e de carbonato de cálcio foram usadas duas alíquotas das frações totais brutas das areias, pela aplicação dos métodos de Grant-Gross

(1971), reação via H_2O_2 a quente, Calcímetro de Bernard Modificado, reação via HCl (Freire, 1989). Para contagem de componentes detríticos à lupa, alíquotas de aproximadamente 10 g de cada amostra foram previamente elutriadas para remoção de sais e de possíveis frações lamosas, e dispostas sobre placas de Petri. As contagens foram feitas para dez diferentes campos aleatórios com uso de lupa Nikon SMS18 (até 135x de aumento) com câmera acoplada. A granulometria seguiu protocolos convencionais de cálculo por peneiramento de uma massa inicial de aproximadamente 100 g nos intervalos da fração areia da escala de Wentworth (1922). Por fim, as frações mais finas das areias (areia fina e areia muito fina: <0,250 a 0,063 mm) obtidas pela granulometria foram destinadas à separação e análise de minerais pesados. Para separação, as areias foram submetidas ao líquido denso bromofórmio ($CHBr_3$; densidade relativa $\sim 2,88 \text{ g/cm}^3$), com recolhimento da fração afundada. Esta fração foi então submetida à remoção de minerais opacos magnéticos por uso de ímã de bolso comum. Da fração densa (pesada) e não magnética assim obtida foram confeccionadas lâminas delgadas por impregnação ao bálsamo do Canadá como meio de imersão (índice de refração $\sim 1,54$). As lâminas foram analisadas por protocolos convencionais de identificação mineral à luz polarizada (Fujimori & Ferreira, 1979; Trögger, 1979) com uso do microscópio Olympus BX41.

Em particular, a partir dos resultados de distribuição de frequências granulométricas foram obtidas medidas estatísticas de tendência central dos três primeiros momentos de Pearson (diâmetro médio, desvio-padrão e assimetria). Destes foram confeccionados gráficos binários de dispersão com

Código das Amostras	Localização	Coordenadas UTM S/E (Zona)	Substrato de Incrustação
PHR-1	Beira Mar (RMF)	9588386/556587 (24M)	Laterita
PHR-2	Ponta do Mucuripe (RMF)	9590236/558859 (24M)	Laterita
PHR-3	Foz do Rio Cocó (RMF)	9583098/562895 (24M)	Beach rock
PHR-4	Praia da Cofeco (RMF)	9579131/565349 (24M)	Beach rock
PHR-5	Ponte dos Ingleses (RMF)	9589007/553640 (24M)	Coluna de concreto
PHR-6	"Espigão" (molhe) do Hotel Marina Park (RMF)	9588923/552121 (24M)	Blocos de rocha da parede do espigão
PHR-7	Praia de Tourinhos (Rio Grande do Norte)	9435176/200492 (25M)	Beach rock

Tabela 1 Código dos locais amostrados, localização e substrato de fixação dos recifes de *Phragmatopoma*

retas de regressão, com respectivos coeficientes de correlação linear (r). Para avaliar os resultados de r , o critério usado foi o nível de significância ou erro I (α), que corresponde à probabilidade de rejeitar uma hipótese nula (H_0) verdadeira. Como H_0 , neste caso, afirma a inexistência de correlação significativa ($r \approx 0$), α pode ser entendido como a probabilidade de aceitar-se correlação inexistente. A estimativa dos valores máximos de α foi feita por interpolação comparando o quociente t do teste de regressão unicaudal de distribuição (t de Student). Para o presente estudo, foram admitidos resultados de correlação linear com nível menor ou igual a 0,05 (chance de uma em vinte de se rejeitar hipótese nula verdadeira).

4 Resultados e Discussão

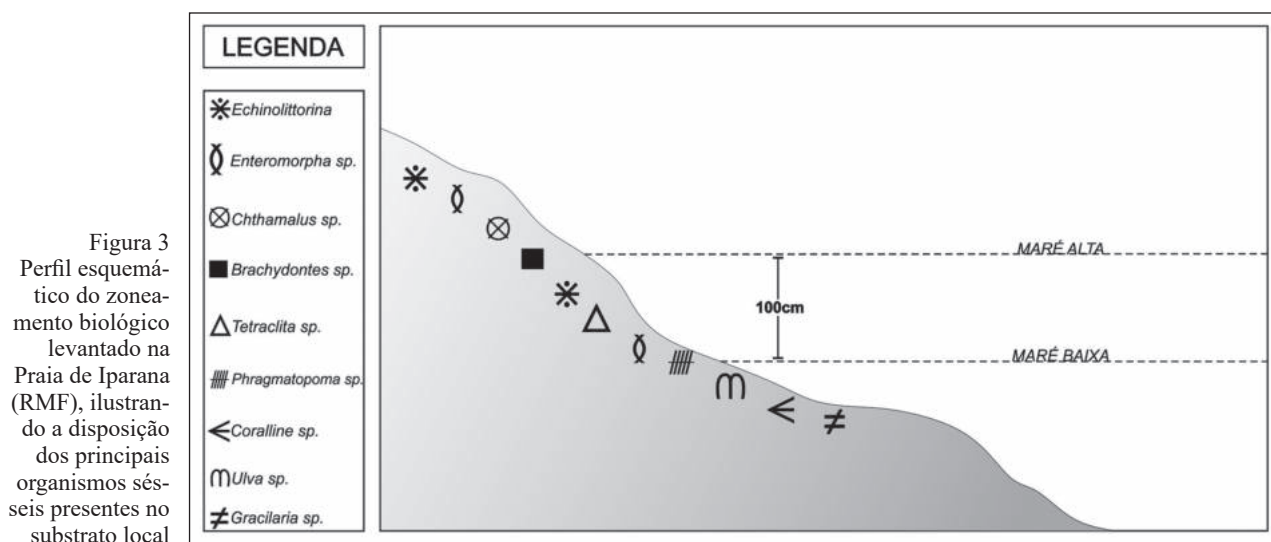
4.1 Zoneamento Biológico

O trabalho de zoneamento biológico de campo permitiu reconhecer a espécie *Phragmatopoma caudata* Kroyer in Mörch, 1863. De modo geral, a distribuição do poliqueta na RMF ocorre em uma biozona com aproximadamente 80 cm de largura e coincidente com o topo da zona infralitoral (Figuras 3 e 4).

Na identificação do poliqueta, Laborel (1979), na costa pernambucana, e Ribeiro (2011), no litoral capixaba, limitaram suas descrições do zoneamento biológico ao nível de gênero (*Phragmatopoma* sp.); apenas Angulo *et al.*, (1999), em Santa Catarina,

fizeram zoneamento com identificação da espécie *Phragmatopoma lapidosa* (Kinberg, 1866), designação mais tarde reconhecida como sinônimo de *P. caudata* por uma questão de revisão taxonômica. Este mesmo trabalho apresenta ainda resultados semelhantes em termos de biozona do poliqueta, com uma importante discrepância em relação à largura, que é de cerca de 50 cm no litoral catarinense. Neste caso, a diferença pode ser devido à amplitude de marés (que em Santa Catarina é de apenas 30 a 40 cm) e/ou de elevação média das ondas.

A presença de outros organismos sésseis e semi-sésseis junto ao poliqueta *Phragmatopoma* obtida do zoneamento biológico do presente estudo na RMF foi comparada com aquele do de Ribeiro (2011), realizado em Guarapari (ES), por este tratar-se de um levantamento mais completo e temporalmente mais próximo (Tabela 2). De ocorrência comum na RMF e em Guarapari aparecem duas cracas (*Chthamalus* sp. e *Tetraclita* sp.), um mexilhão (*Brachydontes* sp.) e uma alga verde (*Ulva* sp.). Resguardadas as imprecisões de identificação dos limites e/ou níveis variáveis, as biozonas diferem pouco, exceto na base de *Tetraclita* sp. Quanto às ocorrências únicas, ambos locais possuem quatro organismos identificados, sendo três algas e um mexilhão, na RMF, e uma alga, um mexilhão, um gastrópode e uma ostra, em Guarapari. Desse modo, a maior diferença entre os organismos sésseis de cada local é o predomínio das algas na RMF.



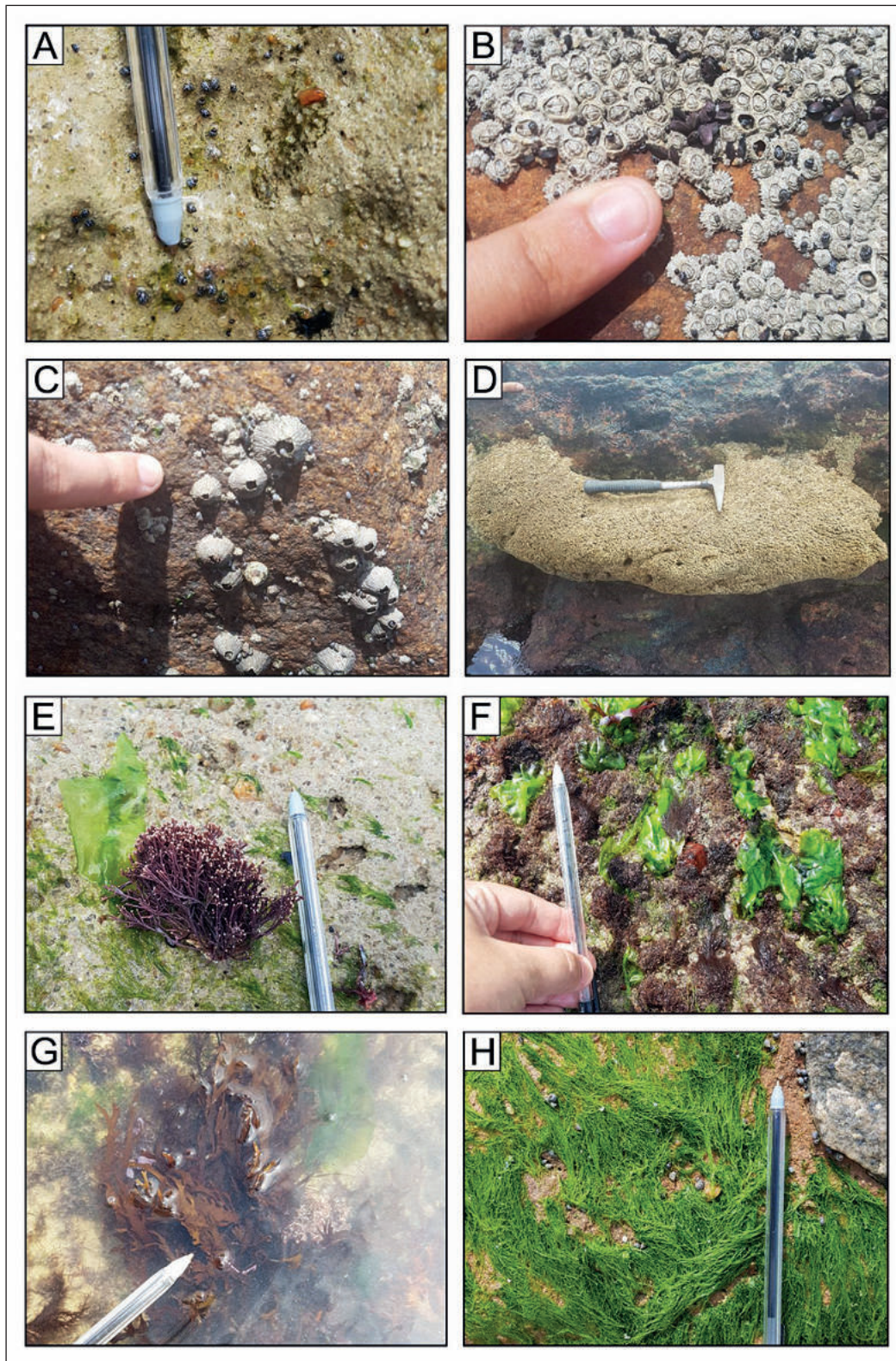


Figura 4
Principais organismos sésseis e semi-sésseis levantados no zoneamento biológico da RMF. Símbolos:
A. *Echinolittorina lineolata* (d'Orbigny, 1840);
B. *Chthamalus* sp. (cinza) e *Brachydon-tes* sp. (roxo);
C. *Tetraclita* sp.;
D. *Phragmatopoma caudata* Krøyer in Mörch, 1863;
E. *Corallina* sp.; F. *Ulva* sp.;
G. *Gracilaria* sp.;
H. *Enteromorpha* sp.

Os resultados acima corroboram em parte trabalhos pioneiros com sabelarídeos da costa leste da Flórida (EUA), onde as espécies associadas (sésseis ou não) seriam em ordem de importância crustáceos, moluscos, esponjas, briozoários, antozoários e peixes (Zale & Merrifield, 1989). Ecologicamente, Kirtley (1966) destaca uma cadeia trófica local importante na produção de uma espécie de lagosta da qual participam os poliquetas, tendo em sua base algas marinhas, diatomáceas e foraminíferos. Os predadores identificados na costa estadunidense foram principalmente crustáceos (caranguejos), gastrópodes e peixes, enquanto os competidores seriam cracas, uma espécie local de alga e outra de um caranguejo comedor de plâncton (Zale & Merrifield, 1989). Naqueles trabalhos, pouco destaque foi dado às associações com algas e corais, exceto em termos de sucessão e proteção costeira sobre o efeito de ondas de tempestades (Kirtley & Tanner, 1968). No Ceará, Silva (2009) destacou a associação da zona de vida dos sabelarídeos (incluindo dois outros, do gênero *Sabellaria* Lamarck, 1818) com *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), *Balanus amphitrite* Darwin, 1854, *Chthamalus* sp., além de antozoários e poríferos, com menor importância.

4.2 Teores de Brutos de CaCO_3 e Matéria Orgânica

Na RMF, o teor bruto em massa de carbonato de cálcio medido foi maior nas areias dos recifes de *Phragmatopoma* (média 70,6%) do que nas das praias (média 13%) em que os mesmos se encontravam (Figura 5). Neste âmbito, destacaram-se as amostras dos pontos 5 e 7, onde nos recifes os teores médios foram respectivamente de 95,5% e 74,9% e nas praias foram de 15,1% e 12,1%. As estatísticas da distribuição em massa de CaCO_3 das areias praias foram menos dispersas, inferiores (até 100% menores) e mais homogêneas entre si do que nas areias dos recifes.

Com base nos estudos de Multer & Milliman (1967), essa grande diferença entre o teor de carbonato de cálcio entre as areias dos recifes e das praias seria explicada pela seleção preferencial de grãos biodetríticos (por exemplo, fragmentos de conchas de moluscos) por parte dos poliquetas da Família

Sabellariidae, especialmente no revestimento da primeira camada interna de cada tubo. Desse modo, estes autores creditam parte do uso resultante de biodetritos carbonáticos na construção dos recifes a um comportamento ecológico. Outro fator, considerado aqui, seria a disponibilidade aumentada pelas características hidrodinâmicas dos biodetritos. Apesar da densidade relativa ligeiramente maior que a do quartzo ($2,7 \text{ g/cm}^3$ na calcita, $2,9 \text{ g/cm}^3$ na aragonita), a forma placóide e curva de muitos fragmentos de conchas favorece a turbulência localizada da água do mar em movimento no entorno dos grãos individuais (Collinson & Thompson, 1982, Fritz & Moore, 1988), que assim se tornam suscetíveis à suspensão e facilitam a captura por parte do poliqueta. Multer & Milliman (1967) ressaltam ainda que as fissuras e fendas dos próprios recifes e sua trama de grãos imbricada de dentro para fora também agiriam como armadilha para grãos de areia favorecendo a manutenção da colônia. Resultados semelhantes foram obtidos em outros estudos de recifes do gênero *Phragmatopoma* de amostras estadunidenses, como aqueles compilados no trabalho de Zale & Merrifield (1989).

Por sua vez, o teor bruto de matéria orgânica medido nas areias de praias e recifes foi pequeno, assim como a diferença entre as areias, sendo apenas ligeiramente maior na maioria das amostras de recifes (média 2,1%) em relação às amostras das praias (média 1,4%) (Figura 6). A baixa porcentagem e a pouca diferença relativa no teor de matéria orgânica das areias podem relacionar-se ao fato de os recifes serem edificados em zonas agitadas pelas ondas, onde os sedimentos mais finos/lamosos, mais propensos a incorporar matéria orgânica, tendem a permanecer suspensos. Outro fator possível seria o baixo volume de muco secretado na edificação dos recifes quando comparado ao de seu material construtivo (Kirtley, 1966). A amostra PHR-7, no entanto, se destaca por teores que chegam comparativamente ao triplo das demais. Como esta amostra é a única coletada em região livre de urbanização significativa, isto sugere que as condições naturais do ambiente de crescimento das colônias talvez superem, por exemplo, um possível efeito da eutrofização forçada pelo despejo de esgoto urbano na RMF (Lima *et al.*, 2000) no enriquecimento em matéria orgânica bruta das areias.

Tanto em termos de carbonato de cálcio como matéria orgânica, nenhuma diferença clara foi notada entre pontos com diferentes substratos de fixação dos recifes. Dessa forma, embora a presença de substrato duro para fixação seja fator crítico na colonização por sabelarídeos (Zale & Merrifield, 1989), não há aparentemente influência deste sobre a composição sedimentológica de suas areias recifais.

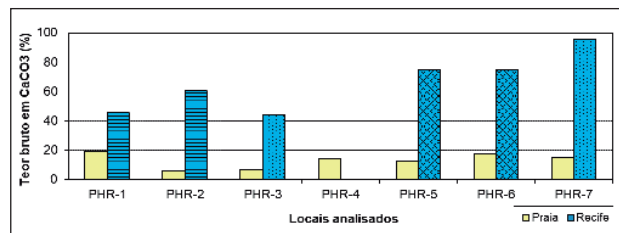


Figura 5 Distribuição dos teores brutos em carbonato de cálcio das areias. Nas amostras de recifes, o tipo de substrato de fixação é indicado pelo preenchimento das colunas: linhas horizontais para laterita; pontilhado para *beach rock*; linhas cruzadas para substratos artificiais (muros de espigões e colunas de pontes). A amostra PHR-4 de recife não se encontra representada por um erro analítico (laboratorial).

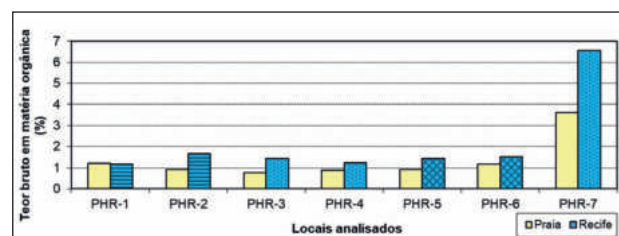


Figura 6 Distribuição dos teores brutos em matéria orgânica das areias. Nas amostras de recifes, o tipo de substrato de fixação é indicado pelo preenchimento das colunas: linhas horizontais para laterita; pontilhado para *beach rock*; linhas cruzadas para substratos artificiais (muros de espigões e colunas de pontes)

4.3 Componentes Detríticos das Areias

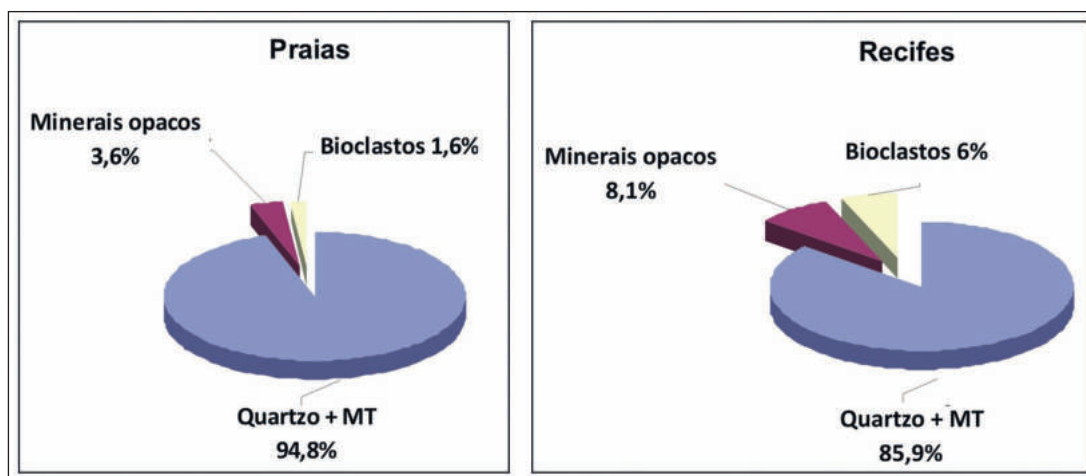
No universo de todas as amostras, a composição média dos grãos detríticos é predominantemente (90,4%) de quartzo e outros minerais transparentes (entre eles, feldspato e minerais pesados), seguida (5,9%) de minerais opacos (principalmente minerais pesados) e então de bioclastos em geral (3,8%) (Figura 7). Chama atenção a maior concentração de bioclastos associados às areias dos recifes, quase quatro vezes superior à das praias, formada, sobretudo, por componentes carbonáticos como carapaças de miliolídeos (41,8%) e fragmentos não-identificados de conchas e esqueletos de diversos organismos (21,1%), possivelmente de moluscos, na maior parte. Já nos sedimentos de praias as maiores concentrações foram de fragmentos de conchas e esqueletos não-identificados (31,2%) seguido por foraminíferos bisseriados (18,3%) (Figuras 8 e 9).

Segundo Zale & Merrifield (1989), a preferência dos poliquetas por fragmentos de conchas (especialmente de moluscos) e esqueletos como material construtivo de seus recifes se dá por uma questão de forma, e não de composição. Em defesa deste argumento os autores citam os trabalhos de Fager (1964) e Kirtley (1966), onde diferentes composições de fragmentos achatados – grãos de hornblenda, no primeiro caso, e fragmentos de moluscos, no segundo –, seriam usadas como material construtivo. Particularmente, Kirtley (1966) demonstrou que fragmentos placóides/achatados sub-arredondados a arredondados, e alongados, são encaixados de maneira imbricada tanto na direção longitudinal como na transversal às galerias dos recifes. Isso geraria uma trama ligeiramente espiralada que facilitaria a entrada de água, inclusive durante momentos de emersão nas marés baixas de sizígia (talvez para otimizar a umi-

Organismo	Topo em Fortaleza	Topo em Guarapari	Base em Fortaleza	Base em Guarapari	Largura em Fortaleza	Largura em Guarapari
<i>Chthamalus</i> sp.	120 (acima)	Indet.	75 (abaixo)	80 (abaixo)	195	Indet.
<i>Brachydontes</i> sp.	80 (acima)	70 (acima)	Indet.	Indet.	Indet.	Indet.
<i>Tetracita</i> sp.	50 (acima)	Indet.	Equiv.	80 (abaixo)	50	Indet.
<i>Ulva</i> sp.	Equiv.	Equiv.	Indet.	Indet.	Indet.	Indet.
<i>Echinolittorina lineolata</i>	160 (acima)	X	75 (abaixo)	X	235	X
<i>Enteromorpha</i> sp.	150 (acima)	X	Indet.	X	Indet.	X
<i>Coralline</i> sp.	Equiv.	X	Indet.	X	Indet.	X
<i>Gracilaria</i> sp.	Equiv.	X	Indet.	X	Indet.	X
<i>Perna perna</i>	X	70 (acima)	X	Indet.	X	Indet.
<i>Crassostrea brasiliana</i>	X	Equiv.	X	Indet.	X	Indet.
<i>Lythophyllum</i> sp.	X	Equiv.	X	Indet.	X	Indet.
<i>Acmaea</i> sp.	X	Indet.	X	80 (abaixo)	X	Indet.

Tabela 2 Comparação entre o zoneamento biológico (biozonas) dos organismos marinhos sésseis e semi-sésseis dos costões rochosos de Fortaleza (CE) (este trabalho) e de Guarapari (ES) (Ribeiro 2011), com elevações em centímetros (cm) referentes ao topo de recifes de *Phragmatopoma*. Equiv.: elevação equivalente à de *Phragmatopoma*. Indet.: indeterminado (a); aqui, se refere à identificação duvidosa do limite da biozona em uma elevação específica e/ou ocorrência em elevações variáveis. O símbolo “X” se refere a organismos não ocorrentes e/ou não identificados em nenhuma elevação

Figura 7 Teores médios dos principais grupos de componentes das areias praias e recifais identificados à lupa binocular. Quartzo + MT: soma dos grãos de quartzo a outros minerais transparentes indiferenciados



dade). Além disso, o uso desse formato de fragmento também seria preferencialmente no revestimento interno da primeira camada de cada tubo e na saída em “forma de gancho” de cada galeria (Kirtley, 1966; Zale & Merrifield, 1989). No entanto, como ressaltado por Zale & Merrifield (1989) e já demonstrado experimentalmente (Folha de São Paulo 2010), na ausência de materiais com o formato predileto, os poliquetas usarão o que estiver disponível.

4.4 Granulometria da Fração Areia

Na RMF, as areias de praias e de seus recifes foram em geral semelhantes em termos de distribuição granulométrica. Chama atenção o bom grau de correlação linear entre os parâmetros estatísticos das amostras em conjunto, do tipo negativa entre diâmetro médio e desvio padrão ($0,01 > \alpha > 0,005$) e diâmetro médio e assimetria ($0,025 > \alpha > 0,01$), e positiva entre desvio-padrão e assimetria ($0,05 > \alpha > 0,025$) (Figura 10). Ao considerar o número baixo de amostras ($n=14$), esse resultado ressalta a relação de uso das areias praias como material construtivo pouco modificado/selecionado pelos poliquetas *Phragmatopoma*, em termos granulométricos.

A assimetria, no entanto, é notavelmente mais negativa nas areias de praia, em comparação aos recifes dos mesmos locais (Figura 11). Resultado semelhante foi relatado por Multer & Milliman (1967) no sul da Flórida (EUA) e por Ribeiro (2011) em amostras de Guarapari (ES), mas – neste último caso

–, com tendência de desvio-padrão ligeiramente mais alto nos recifes (“seleção negativa” dos grãos).

Ainda no presente estudo, à semelhança de Ribeiro (2011), o diâmetro médio variou num intervalo mais estreito (2,27 a 1,65 *phi*) para os recifes do que nas praias, talvez o melhor indicio de alguma seleção biossedimentar dentro de um intervalo preferido em termos de volume total e/ou tamanho dos grãos. De fato, Multer & Milliman (1967) afirmam que o intervalo ótimo seria entre 0,5 mm (1 *phi*) e 0,125 mm (3 *phi*), atestando para uma seleção não apenas de forma como também de tamanho; o mesmo argumento foi dado por Zale & Merrifield (1989), que apontaram incapacidade de presença de recifes de sabelarídeos em praias de sedimento excessivamente siltoso. Apesar disso, Multer & Milliman (1967) ressaltam o papel do silte como “argamassa” usada pelos poliquetas no preenchimento intersticial dos grãos de areia nos recifes, o que, segundo eles, explicaria sua granulometria assimetricamente mais positiva que nas praias em que ocorrem. Na RMF, o estudo feito estritamente dentro do intervalo de classe areia foi suficiente para apontar essa assimetria (Figura 11).

4.5 Petrografia de Minerais Pesados

O teor médio dos minerais pesados não magnéticos nas areias da RMF foi de 0,16% nas praias e 0,08% nos recifes, dos quais a porcentagem de transparentes foi respectivamente 80,4% e 75%. A identificação dos minerais pesados transparen-

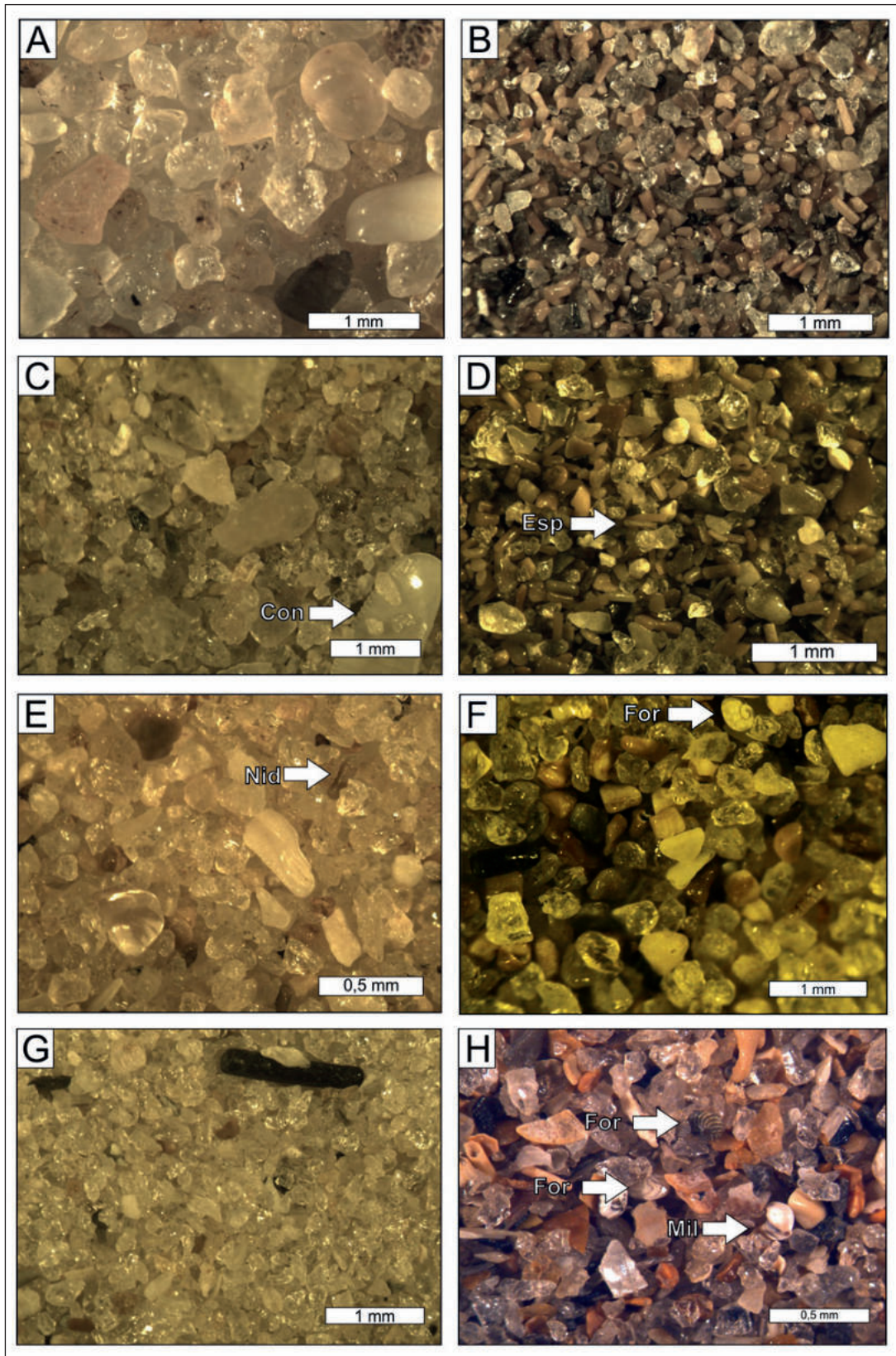


Figura 8
Aspecto geral das areias à lupa binocular. Notar a abundância de quartzo, a presença de alguns minerais opacos e a diversidade de bioclastos. Símbolos de bioclastos: Con – fragmento de concha de molusco, indiferenciado; Esp – espinho de ouriço-do-mar; For – foraminífero; Mil – miliolídeo; Nid – fragmento não identificado

Figura 9 Porcentagem média de diferentes bioclastos quantificados à lupa binocular. Espinhos, neste contexto, referem-se a fragmentos de espinhos de ouriço-do-mar. Foraminíferos bisseriados, indiferenciados. Tubos de poliquetas incluem partes não desagregadas dos recifes. Fragmentos não-identificados são na maioria pequenos ou sem textura superficial que permita sua identificação segura; presumivelmente, a maioria deles corresponderia a conchas de moluscos diversos. Em outros, incluem-se foraminíferos identificados dos gêneros *Quinqueloculina* e *Rotalinea* (troncoespiralado) e fragmentos indiferenciados de corais, briozoários, pólipos, equinodermas, ostracodes e conchostráceos

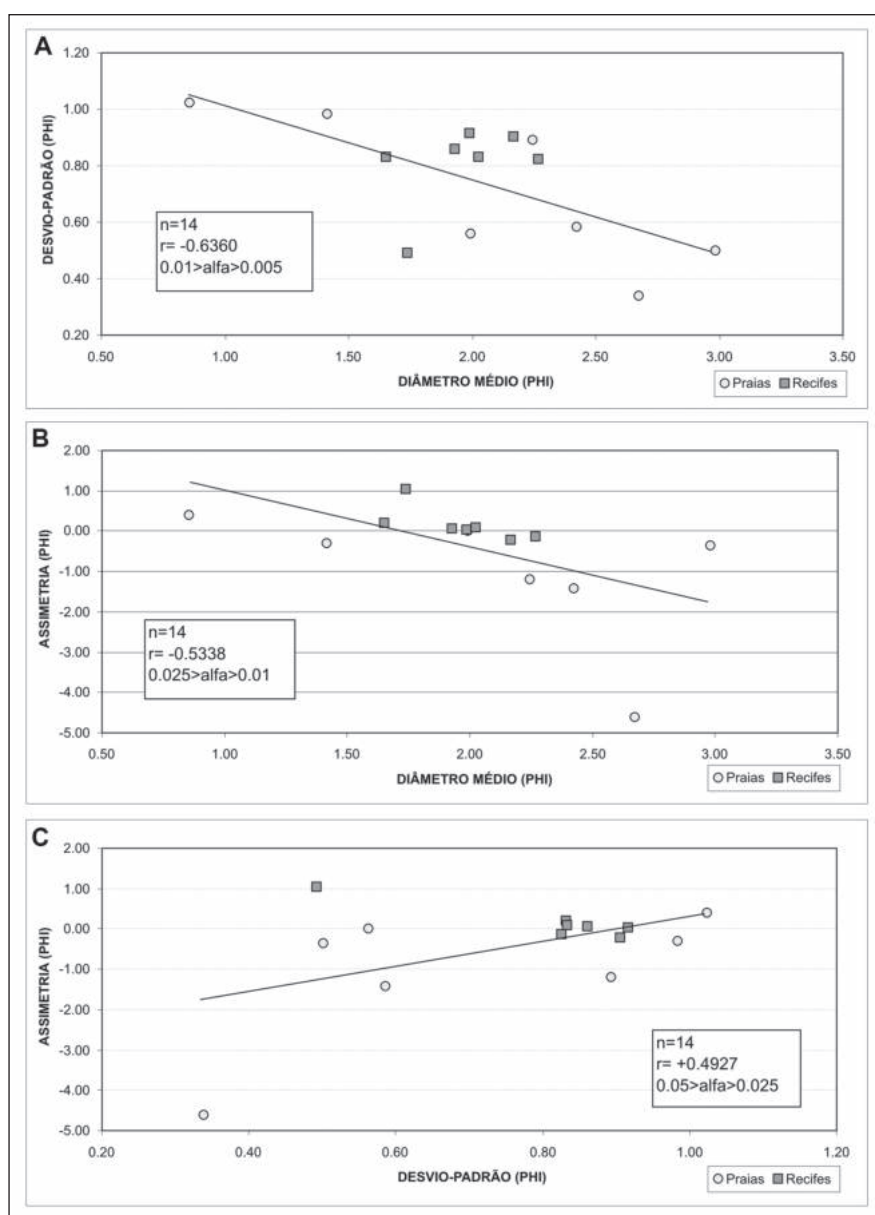
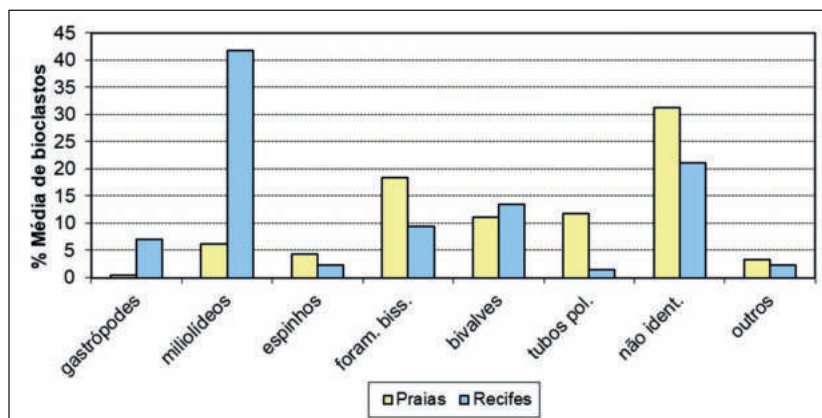


Figura 10 Correlação entre parâmetros dos três primeiros momentos de Pearson sobre a granulometria das areias de praias e recifes de *Phragmatopoma* da RMF. Os símbolos n , r e α (alfa) correspondem respectivamente a número de amostras, coeficiente de correlação linear e nível de significância (por teste de regressão unicaudal t de Student)

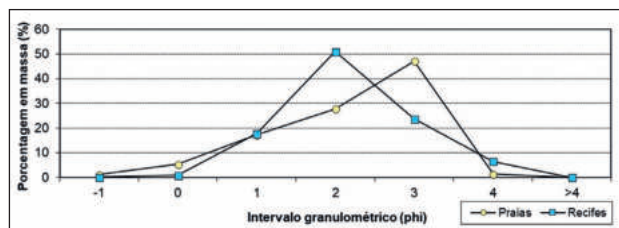


Figura 11 Distribuição granulométrica média comparada entre as areias de praias e de recifes de *Phragmatopoma* na RMF

tes envolveu a contagem de quase 1800 grãos. Os principais, em ordem de abundância decrescente, foram: hornblenda verde (comum), estauroлита, zircão, sillimanita, turmalina marrom (schorlítica), epidoto, cianita, hornblenda marrom (hastingsítica), granada, andaluzita e monazita (Figuras 12 e 13). Em menor número (traços, <1% em média) ocorreram fibrolita (variedade fibrosa da sillimanita), rutilo, espinélio, turmalina azul (elbaítica) e clinozoisita.

Apesar de o teor médio de minerais pesados nas areias praias da RMF ser comparativamente o dobro das recifais, ele pode ser considerado pequeno nos dois casos. Apenas turmalina marrom, zircão e opacos destacaram-se por teores ligeiramente mais elevados nos recifes. Além de uma densidade relativa superior, os minerais pesados apresentam um diâmetro médio em geral menor que o de minerais leves como quartzo e feldspatos. Multer & Milliman (1967) afirmam que essas características influenciariam positivamente na presença de minerais pesados nos recifes de sabelarídeos, indicando a tendência do *Phragmatopoma* em utilizar, como “argamassa”, os grãos minerais mais finos nas construções. Para o teor geral de minerais pesados, esta afirmação não parece válida no presente estudo, exceto talvez no caso de espécimes específicos, como o zircão, que geralmente já é fornecido em tamanho reduzido desde sua fonte primária (Pettijohn *et al.*, 1987). No âmbito de espécimes específicos de minerais pesados, Multer & Milliman (1967) mencionam o trabalho de Fager (1964), que detectou teores até 25 vezes maiores de minerais pesados placóides como a hornblenda em recifes de outro poliqueta, um oweniídeo (*Owenia fusiformis*, Delle & Chiaje, 1844), quando em comparação às praias adjacentes em que se encontravam. Multer & Milliman (1967) fizeram menção a este estudo exatamente em defesa

da propensão dos poliquetas na escolha por minerais em formato placóide no propósito de adquirir uma maior proteção aos efeitos das ondas e marés e consequentemente, uma maior estabilidade aos recifes. No caso da RMF, a maior disponibilidade de grãos carbonáticos placóides em relação aos de minerais pesados pode ser a causa da pequena seletividade destes últimos por parte dos poliquetas. Em todo caso, o resultado de Fager (1964) não possui paralelo com o presente estudo.

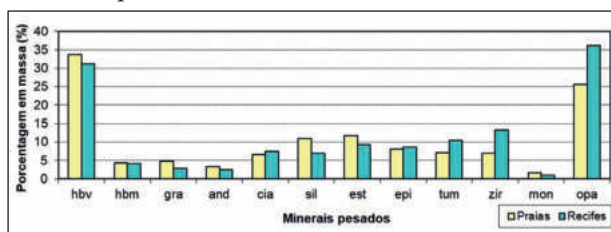


Figura 12 Porcentagem média dos minerais pesados mais abundantes nas praias e recifes de *Phragmatopoma* da RMF. Símbolos: hbv – hornblenda verde, hbm – hornblenda marrom, gra – granada, and – andaluzita, cia – cianita, sil – sillimanita, est – estauroлита, epi – epidoto, tum – turmalina marrom, zir – zircão, mon – monazita, opa – opacos

5 Conclusões

Phragmatopoma caudata talvez seja atualmente a espécie de sabelarídeo mais disseminada em costões rochosos e outros locais de *substrato* duro no litoral da RMF. Há indícios de que este sucesso tenha sido muito recente, apesar da carência de maiores estudos neste aspecto, especialmente de cunho biológico. No presente estudo, o zoneamento biológico permitiu identificar e estimar as biozonas verticais de outros organismos marinhos sésseis e semi-sésseis em relação à biozona de *Phragmatopoma*. À semelhança de zoneamentos feitos em outras regiões do Brasil com o mesmo gênero, o poliqueta associa-se ao topo da zona infralitoral, mas com maior amplitude em função das marés. Na comparação com a costa capixaba, cerca de metade dos organismos associados ao poliqueta foram discrepantes, com destaque para a maior diversidade em algas na RMF; já os organismos de ocorrência comum (duas cracas, um mexilhão, uma alga) apresentaram biozonas com elevações semelhantes.

O teor bruto de matéria orgânica foi pequeno e pouco significativo, apesar de ligeiramente maior

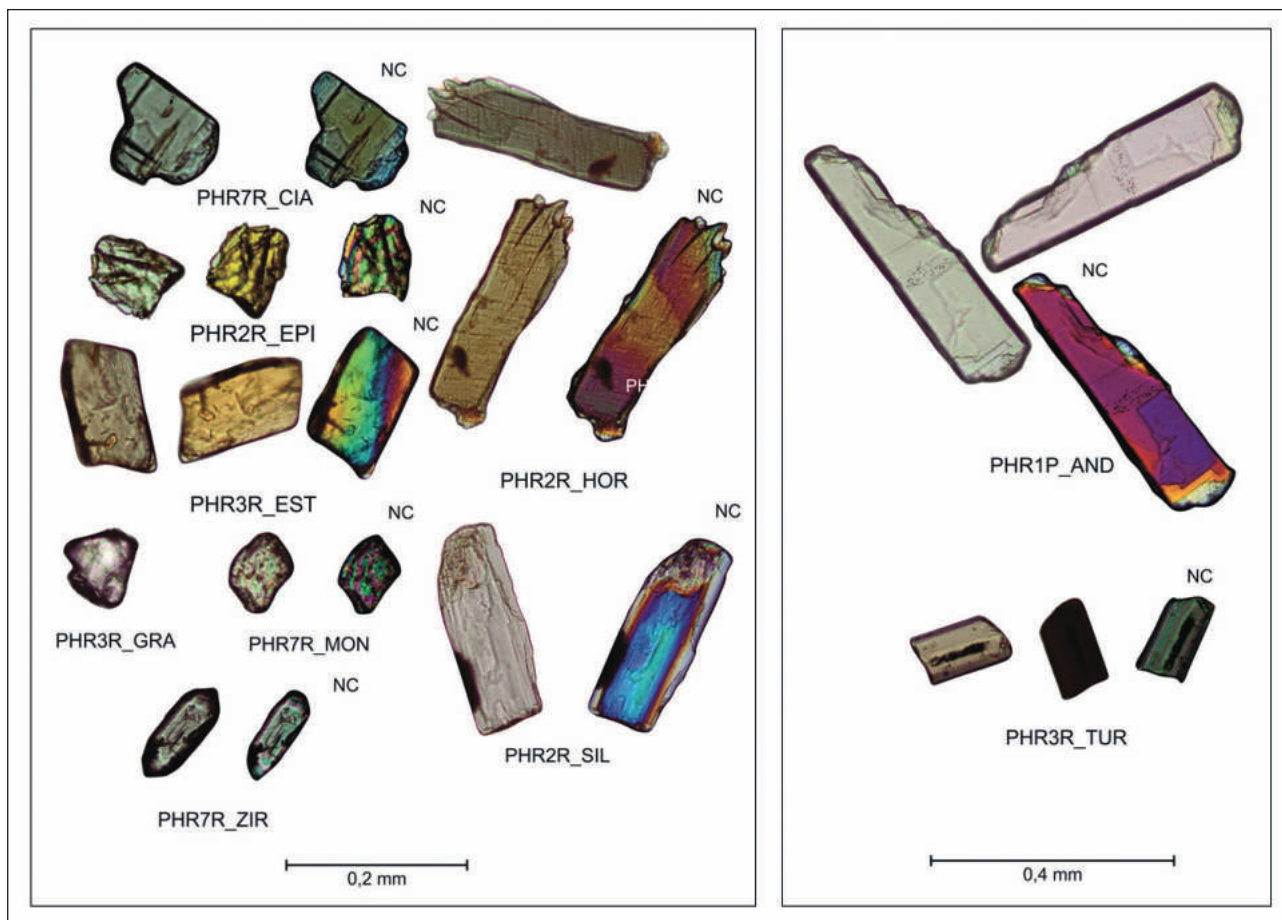


Figura 13 Exemplares de alguns dos principais minerais pesados transparentes identificados ao microscópio de luz polarizada (nicóis paralelos em fundo branco, nicóis cruzados em fundo preto). As três últimas letras de cada código de amostra referem-se a símbolos de minerais: ZIR – zircão, AND – andaluzita, TUR – turmalina, CIA – cianita, EPI – epídoto, EST – estauroлита, GRA – granada, MON – monazita, HOR – hornblenda verde, SIL – sillimanita

nas areias dos recifes em relação às das praias. Quando em comparação com a única área não-urbanizada (Praia de Tourinhos), no entanto, um teor três vezes maior foi obtido e sugere que áreas urbanizadas talvez não se destaquem por teores mais elevados. No entanto, o teor bruto em carbonato de cálcio foi notavelmente maior nas areias dos recifes de *Phragmatopoma* do que nas praias em que se encontravam. Reflexo disso, as areias dos recifes se destacaram também pela porcentagem em massa de bioclásticos quase quatro vezes superior à das areias das praias adjacentes. Os componentes bioclásticos mais comuns nas areias dos recifes foram carapaças de miliolídeos e fragmentos de conchas e esqueletos de organismos diversos (moluscos?), indiferenciados. De fato, estes componentes bioclásticos das

areias se sobressaem por formas placóides, alongadas e curvas e/ou irregulares, o que pode facilitar sua suspensão hidrodinâmica e consequentemente favorecer seu uso pelo poliqueta como material construtivo para os recifes. Desse modo, fatores como comportamento ecológico do poliqueta e/ou maior disponibilidade hidrodinâmica de biodetritos de composição carbonática teriam influência neste resultado. Seja em termos de matéria orgânica ou de carbonato de cálcio, o tipo de substrato de fixação não parece exercer nenhum efeito sobre a composição dos recifes.

Em termos granulométricos gerais, as areias de recifes e das praias não apresentaram grandes diferenças, exceto pela assimetria mais negativa nas praias. Uma análise minuciosa, no entanto, revela

que o diâmetro médio dos grãos varia em um intervalo mais estreito nas areias dos recifes, indício de alguma seleção biossedimentar no intervalo entre areia média e areia fina. Ainda assim, o bom grau de correlação linear entre as amostras de praias e recifes reforça o uso de fontes locais das areias pelos poli-quetas. Da mesma forma, os teores médios de minerais pesados foram semelhantes entre as areias de praias e recifes, com pequenas diferenças para turmalina marrom, zircão e opacos – estes, ligeiramente mais enriquecidos nos recifes. Não há uma razão clara para essa diferença, exceto talvez no caso do zircão que, por ser fornecido em tamanho reduzido desde sua fonte primária, seria mais bem aproveitado como “argamassa” por parte de *Phragmatopoma* na construção dos seus recifes.

6 Agradecimentos

Os autores agradecem a Emanuel Tabosa, Iri-neudo Bezerra, Saulo Limaverde, Daniel de Ponti e Joel Pedrosa pela ajuda em campo e nas análises laboratoriais. De forma especial agradecemos também à professora Helena M. Cascon pelas correções e orientações de cunho biológico. Em particular, R.B.F. agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico por sua bolsa de iniciação científica (PIBIC-CNPq) de 2014 a 2015.

7 Referências

- Almeida F. F. M., Hasui Y., Brito Neves B. B., Fuck R. A. 1977. As províncias estruturais do Brasil. Atas do VIII Simpósio de Geologia do Nordeste, p. 363-391.
- Amaral A.C.Z. 1987. Breve caracterização de *Phragmatopoma* lapidosa Kinberg, 1867 (Polychaeta, Sabellariidae). Revista Brasileira de Zoologia 3(8): 471-474.
- Angulo R.J., Giannini P.C.F., Suguio K., Pessenda L.C.R. 1999. Relative sea-level changes during the last 5500 years in the Laguna-Imbituba region (Santa Catarina, Brazil) based on vermetid radiocarbon ages. Marine Geology, 159: 323-339.
- Angulo R.J., Lessa G.C., Souza M.C. 2006. A critical review of mid-to-late Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. Quaternary Science Reviews, 25: 486-506.
- Ceará. 2009. Plano estratégico dos recursos hídricos do Ceará / Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos, Assembleia Legislativa do Estado do Ceará. Santana, E. W. (Coordenador) Fortaleza, INESP. 408p.
- Collinson, J.D. & Thompson, D.B. 1982. Sedimentary structures. George Allen & Unwin, Londres, 194 p.
- Fager E.W. 1964. Marine sediments: effects of a tube-building polychaete. Science, 143(3604): 356-359.
- Fanta E.S. 1968. Sobre a biologia e ecologia de *Phragmatopoma* lapidosa (Sabellariidae, Polychaeta). Ciência e Cultura, 20 (2): 327-328.
- Fechine J.A.L. 2007. Alterações no perfil natural da zona costeira da cidade de Fortaleza, Ceará, ao longo do século XX, Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Dissertação de Mestrado, 116p, acessível em <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/7938>
- Folha de São Paulo 2010. Ciência e Tecnologia: Vida marinha serve de inspiração para supercola. Colunista: Henry Fountain, The New York Times (26/04/2010). Acessível em <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/newyorktimes/ny2604201014.htm>
- Freire G.S.S. 1989. Etude Hydrologique et Sedimentologique de l'Estuaire du Rio Pacoti (Fortaleza-Ceará-Brésil), Doctorat en Sciences de La Terre, Faculté des Sciences et des Techniques, Université de Nantes, Nantes, Thèse, 229p, acessível em <http://www.theses.fr/1989NANT2029>
- Fritz W.J., Moore J.N. 1988. Basics of physical stratigraphy and sedimentology. John Wiley & Sons Inc., New York, 371p.
- Fujimori S., Ferreira Y.A. 1979. Introdução ao uso do microscópio petrográfico. Centro Editorial e Didático da UFBA, Salvador, 202p.
- Gram R. 1968. A Florida Sabellariidae reef and its effects on sediment distribution. Journal of Sedimentology and Petrology, 38: 863-868.
- Grant-Gross, M. 1971. Carbon determination. In: CARVER, R.E. (Ed.). Procedures in Sedimentary Petrology. Wiley –Interscience, New York p.573-596.
- Hartmann O. 1944. Polichaetous annelids from California. Part VI. Paraonidae, Magelonidae, Longosomidae, Cteronid-rillidae, and Sabellariidae. Allan Hancock Pacific Expeditions, 10:311-389.
- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis 2006. Espécies exóticas invasoras: situação brasileira. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Brasília, MMA. 24 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Geociências. 2011. Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil, Diretoria de Geociências, Rio de Janeiro-RJ, 176 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico, 2010. Acessível em <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=23&search=ceara>. Acesso em 18.08.2015.
- Jesus A.C.D.L. 2014. Estudo das variáveis oceanográficas na área de influência do terminal marítimo de passageiros do Porto de Fortaleza, Praia Mansa, Ceará, Brasil, Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Dissertação de Mestrado 142p., acessível em <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/16411>
- Kirtley, D.W. 1966. Intertidal reefs of Sabellariidae (Annelids Polychaeta) along the coasts of Florida, Florida State University, Tallahassee, Master's Thesis, 104p., acessível em https://www.researchgate.net/publication/35565283_Intertidal_reefs_of_Sabellariidae_An

**Análise Sedimentológica de Recifes do Gênero
Phragmatopoma Mörch, 1863 (Annelida: Polychaeta) da Região Metropolitana de Fortaleza (CE)**

Rayane Bastos de Freitas; Amanda Alves Peixoto Silva; Daniel Rodrigues do Nascimento Jr.; Marília de Souza Menezes & Wilson Franklin Jr.

- nelida Polychaeta along the coasts of Florida microform
- Kirtley D.W., Tanner W.F. 1968. Sabellariid worms: builders of a major reef type. *Journal of Sedimentary Petrology*, 38(1):73-78.
- Laborel J. 1977. Are reef-building Vermetids disappearing in the South-Atlantic? In: *Proceedings Of Third International Coral Reef Symposium*, 1: Biology. Miami, Florida, 1977. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, p. 233-237.
- Laborel J. 1979. Fixed marine organisms as biological indicator for the study of recent sea level and climatic variations along the Brazilian tropical coast. In: *International Symposium On Coastal Evolution In The Quaternary*. São Paulo, p. 193-211.
- Lima L.C., Morais J.O., Souza M.J.N. 2000. Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará. FUNECE, Fortaleza, 268 p.
- Maia L.P. 1998. Procesos costeiros y balance sedimentário ao largo de Fortaleza (NE-Brasil): implicaciones para una administración adecuada de la zona costera, *Departament d'Estratigrafia i Paleontologia, Universitat de Barcelona, Barcelona, Tese de Doctorado*, 269p., acessível em http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/40/1/1998_Teselpmaia.pdf
- Morais J. O., Freire G. S. S., Pinheiro, L., Souza M. J. N., Carvalho A. M., Pessoa P. R., Oliveira S. H. M. 2006. Caracterização Fisiográfica e Geoambiental da Zona Costeira do Estado do Ceará. In: Muehe, D. (ed). *Erosão e progradação no litoral brasileiro*. MMA – Ministério do Meio Ambiente, p 131-155.
- Morais J.O. 1980. Aspectos do transporte de sedimentos no Litoral do Município de Fortaleza, Estado do Ceará. *Arquivo de Ciências do Mar*, 20:71-100.
- Morais J.O. 1981. Evolução Sedimentar da Enseada do Mucuripe. *Arquivo de Ciências do Mar*, 21 (1/2):20-32.
- Mörch O.A.L. 1863. Contributions a la Faune malacologique des Antilles danoises. *Journal de Conchyliologie*, 11:21-43.
- Moreira M.M.M., Gatto L.C.S. 1981. Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas da Região Metropolitana de Fortaleza. In: *Brasil, Ministério de Minas e Energia*. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. CPRM. 105p.
- Multer H.G., Milliman, J.D. 1967. Geologic Aspects of Sabellarian Reefs Southeastern Florida. *Bulletin of Marine Science*, 17(2):257-267.
- Pettijohn F.J., Potter P.E., Siever, R. 1987. *Sand and Sandstone*. Springer-Verlag, New York, 553p.
- Rees C.P. 1976. Grain size distribution in tubes of Sabellaria vulgaris Verrill. *Chesapeake Science*, 17:59-61.
- Ribeiro P.C. 2011. Vermetídeos em costões rochosos de Guarapari, ES: contribuição para o estudo do nível relativo do mar e da circulação marinha no Holoceno. *Monografia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo*, 93p.
- SANTOS E.J., BRITO NEVES, B.B. 1984 *Província Borborema*. In: Almeida, F.F.M. & Hasui, Y., eds: *O Pré-cambriano do Brasil*. Edgard Blucher, São Paulo, 123-186
- HASUYS Y. 1984. *O Pré-Cambriano do Brasil*. São Paulo: Edgard Blucher, 378p.
- Silva S.M. 2009. Distribuição das colônias de Sabellariidae (ANNELIDA POLYCHAETA) na costa cearense. *Monografia, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Ceará*, 48p.
- Stewart R.J., Weaver, J.C., Morse, D.E., Waite, J.H. 2004. The tube cement of Phragmatopoma californica: a solid foam. *The Journal of Experimental Biology*, 207: 4727-4734.
- Suguio K., Martin L., Bittencourt A.C.S.P., Dominguez J.M.L., Flexor J.-M., Azevedo A.E.G. 1985. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, 15: 273-286.
- Tröger, W.E. 1979. Optical determination of rock-forming minerals, part 1: determination tables. Stuttgart, Lubrecht & Cramer Ltd. 188p.
- Wentworth C.A. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30: 377-392.
- Zale A.V., Merrifield S.G. 1989. Species Profiles: Life Histories and Environmental Requirements of Coastal Fishes and Invertebrates (South Florida). *Oklahoma Cooperative Fish and Wildlife Research Unit*, 82(11.115): 12.